

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-097045
 (43)Date of publication of application : 08.04.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
 G01B 11/00
 G02B 7/28
 G03F 9/00
 H01L 21/68

(21)Application number : 04-247748
 (22)Date of filing : 17.09.1992

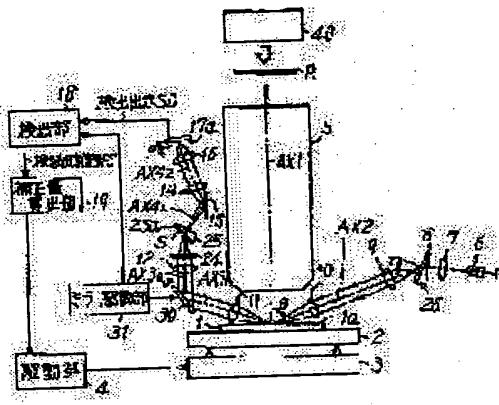
(71)Applicant : NIKON CORP
 (72)Inventor : MIZUTANI HIDEO

(54) DETECTOR FOR SURFACE POSITION

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a surface position detector having a simplified optical system, capable of detecting vertical positions at a plurality of spots on a surface to be detected simultaneously, without lowering its throughput.

CONSTITUTION: A specified pattern on a first surface is projected in a slant direction on to a surface 1a to be detected, by projection optical systems 9 and 10, and an image of a specified pattern is formed on a second surface 25a by condensing optical systems 11, 12. And this image is detected photoelectrically with a detector by relatively scanning this image and the photoelectric receiving surface 17a of the detector by scanning means 30 and 31. Here, the first surface and the surface to be detected satisfy shineproof conditions concerning the main plane of the projection optical system, and the surface to be detected and the second surface satisfy shineproof conditions concerning the main plane of a converting optical system.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.07.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

Searching PAJ

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-97045

(43)公開日 平成6年(1994)4月8日

(51) Int.Cl.⁵
H 0 1 L 21/027
G 0 1 B 11/00
G 0 2 B 7/28

識別記号 庁内整理番号

C 7907-2F

7352-4M
9119-2K

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/ 30 3 1 1 N
G 0 2 B 7/ 11 M

審査請求 未請求 請求項の数 2(全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-247748

(22)出願日 平成4年(1992)9月17日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 水谷 英夫

東京都千代田区

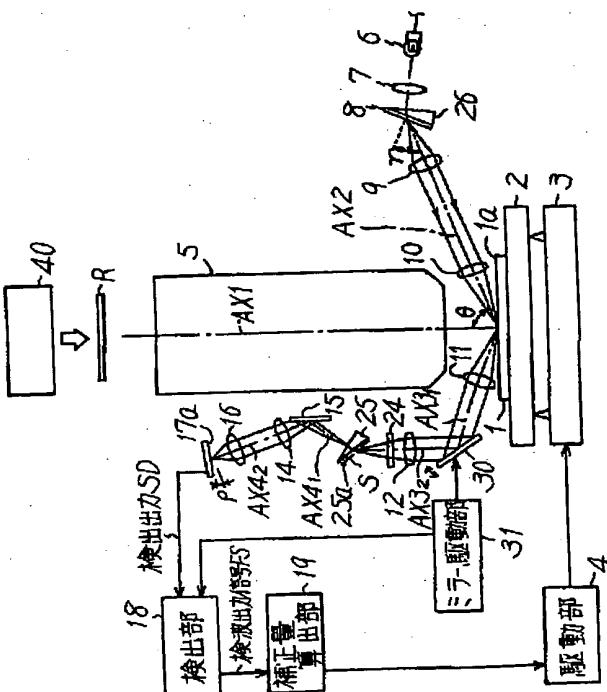
式会社ニコン内

(54)【発明の名称】 面位置検出装置

(57) 【要約】

【目的】 スループットの低下を招くことなく、被検面上の複数箇所の上下方向の位置を同時に検出すると共に、光学系が簡略化された面位置検出装置を提供すること。

【構成】 投射光学系(9, 10)により、被検面(1a)に対し斜め方向から第1面上の所定のパターン(8a)を投射し、集光光学系(11, 12)により、第2面(25a)上で所定のパターンの像を形成する。そして、走査手段(30, 31)により、この像と検出器(17)の受光面(17a)とを相対的に走査させて、検出器により、この像を光電的に検出する。ここで、第1面と被検面とは、投射光学系の主平面に関してシャインプルーフの条件を満たし、被検面と第2面とは、集光光学系の主平面に関してシャインプルーフの条件を満たす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】第1面上に形成された所定のパターンと、被検面に対して斜めの方向から前記所定のパターンの像を投射する投射光学系と、前記被検面で反射された光束を集光して前記所定のパターンの像を第2面上に形成する集光光学系と、前記所定のパターンの像を光電的に検出する検出器とを有し、該検出器の出力に基づいて、前記被検面の面位置を検出する面位置検出装置において、前記検出器の受光面と、前記所定のパターンの像とを相対的に走査させる走査手段を有し、前記第1面と前記被検面とは、前記投射光学系の主平面に関して、シャインブルーフの条件を満たすと共に、前記被検面と前記第2面とは、前記集光光学系の主平面に関してシャインブルーフの条件を満たすことを特徴とする面位置検出装置。

【請求項2】前記第2面と前記受光面とを共役にするリレー光学系を前記第2面と前記受光面との間に設けると共に、前記集光光学系から射出される光束を偏向させる偏向光学系を前記第2面に設けたことを特徴とする請求項1記載の面位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、表面位置検出装置に関するものであり、例えば半導体製造装置において、ウェハの位置を検出する面位置検出装置に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】レチクル上に形成された回路パターンを投影レンズを介してウェハ上に転写する半導体露光装置においては、投影レンズの焦点深度が比較的浅く、しかも、ウェハに部分的な凹凸が存在することもあるため、ウェハの各露光領域における投影レンズに対する焦点ずれの補正をそれぞれ行う必要がある。

【0003】このとき、投影レンズの光軸方向におけるウェハ位置の検出装置としては、例えば、ウェハ等の被検面に対して斜め方向からスリットの像を投影し、このスリットの像を斜め方向から検出する斜め入射型オートフォーカスセンサーが知られている。この斜め入射型オートフォーカスセンサーにおいては、被検面（ウェハ）が投影レンズの光軸方向に沿って上下すると、被検面上におけるスリットの像の位置がこの斜め方向と直交する方向に沿ってずれる。そして、このずれ量を測定することで、被検面の上下方向（被検面の法線方向）に関する位置を検出することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述に示した従来の検出装置では、被検面上の広い範囲に亘る領域における上下方向の位置検出を同時にを行うことができなかつた。また、近時は、LSIの高集積化に伴い、ウェハ上の各露光領域（ショット領域）により微細なパターンを転写することが望まれており、これに対応するために回路パターンの像をウェハ上に結像する投影レンズの開口数（N.A.）が大きくされている。投影レンズの開口数が大きくなると、投影レンズの焦点深度が浅くなるので、各露光領域をより正確且つ確実に投影レンズの焦点深度内に位置させることができている。

【0005】さらに、複数のLSIチップをまとめて露光する場合、及び露光するLSIチップのサイズ（露光領域のサイズ）を変更する場合には、そのままでは検出すべき被検面の適切な箇所に位置検出のための照射光が当たらず、正確な位置検出を行うには、その照射光の位置を変更する必要がある。このとき、必要な箇所にスリット状の光束を投射して、ウェハを載置しているステージを必要な検出箇所まで逐次移動させることも考えられるが、位置検出に要する時間が長くなり、スループットが低下する問題点がある。

【0006】そこで、本発明は、スループットの低下を招くことなく、被検面上の複数の箇所での上下方向（被検面の法線方向）の位置を同時に検出でき、光学系が簡略化された面位置検出装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、例えば図1に示す如く、第1面(8a)上に形成された所定のパターンと、被検面(1a)に対して斜めの方向から所定のパターンの像を投射する投射光学系(9, 10)と、被検面で反射された光束を集光して所定のパターンの像を第2面(25a)上に形成する集光光学系(11, 12)と、所定のパターンの像を光電的に検出する検出器(17)とを有し、この検出器の出力に基づいて、被検面の位置を検出し、この検出器は、検出器の受光面(17a)と、所定のパターンの像とを相対的に走査させる走査手段(30, 31)を有し、第1面と被検面とは、投射光学系の主平面に関して、シャインブルーフの条件を満たすと共に、被検面と第2面とは、集光光学系の主平面に関してシャインブルーフの条件を満たすように構成したものである。

【0008】この場合、例えば図9に示すように、A面上のパターンをB面上に結像する光学系に関して、それらA面とB面とがシャインブルーフの条件を満たすとは、より正確には、この光学系のメリジオナル断面内において、そのA面上の延長線と、その光学系の物側主平面との交点をH、そのB面の延長線とその光学系の像側主平面との交点をH'とした場合、交点Hから光軸までの距離Lと交点H'から光軸までの距離L'が等しいことを意味する。シャインブルーフの条件が満たされているときには、所謂アオリの結像関係が成立し、そのA面上の任意の点から射出した光束は、それぞれB面上の

対応する1点に収束する。従って、そのA面上の全面の点の像がそのB面上に形成される。

【0009】また、例えば図1に示すように、第2面と受光面とを共役にするリレー光学系(14, 16)を第2面と受光面との間に設けると共に、集光光学系から射出する光束を偏向させる偏向光学系(25)を第2面に設けるように構成しても良い。

【0010】

【作用】上述の構成の如く、本発明の面位置検出装置によれば、第1面と被検面とが所謂アオリの結像関係を満たし、且つ被検面と第2面とがアオリの結像関係を満たしているので、被検面の全面の各点が第2面上に結像する。この場合、投射光学系が被検面に対して斜めの方向から所定パターンの像を投射しているので、その被検面に部分的に凹凸が存在すると、第2面上の像は、その凹凸に対応した歪み(変位)を生ずる。そして、この変位を例えば特開昭56-42205号公報に開示されている光電顕

$$y_1 = 2 \cdot \beta' \cdot \tan \theta \cdot z$$

ところで、被検面と第2面との光軸と垂直な方向の倍率である横倍率を β とすると、シャインブルーフの条件から次の関係が成立する。

$$\beta' = (\beta^2 \cos^2 \theta + \beta^4 \sin^2 \theta)^{1/2} \quad \dots (1)$$

一方、例えば特開昭56-42205号公報に開示されている従来の技術においては、横ずれを光軸と垂直な方向に検出しているので、検出される横ずれ量 y_2 は、次のように

$$y_2 = 2 \cdot \beta \cdot \sin \theta \cdot z$$

ここで、(1)式と(2)式とを比較すると、入射角 θ が大きい場合には、アオリの結像関係を満たした場合の方が大きい場合には、アオリの結像関係を満たした場合の(1)式の横ずれ量 y_1 の方が大きい。簡単のため、 $\beta = 1$ とすると、(2)式より $\beta' = 1$ となり、横ずれ量 y_1 及び y_2 は、それぞれ $\tan \theta$ 及び $\sin \theta$ に比例する。例えば、 $\theta = 80^\circ$ の場合、(1)式によれば、 $y_1 = 11.3z$ となり、(3)式によれば $y_2 = 2.0z$ となる。従って、アオリの結像関係を満たしている場合の方が5.7倍も横ずれが大きくなり、被検面の上下に対する検出感度及び検出精度が改善される。

【0015】また、本発明において、投射光学系による被検面への入射角 θ を大きくすると、被検面の上下の変位に対する横ずれ量の変化の度合いが大きくなるので、さらなる検出精度向上を計ることができる。しかしながら、入射角 θ が大きい場合には、第2面に入射する光束の入射角も大きくなる。このことは、例えば検出手段の受光面を第2面上に配置した場合、この受光面上での表面反射や光束のけられ等が発生し、受光面での受光量が著しく低下することがある。そこで、第2面上にプリズム等の偏向光学系を配置することで、集光光学系の光軸を偏向させる。これにより、受光面に達する光束の入射角が小さくなるため、受光量の低下を招く恐れがない。

【0016】

【実施例】以下、本発明による面位置検出装置の実施例

微鏡の原理によって検出すれば、被検面の上下方向の位置情報を得ることができる。この光電顕微鏡の原理を簡単に説明する。まず、走査手段によって、受光面と第2面上の像とを相対的に走査させ、受光面上でこの時の光変調を検出する。そして、走査の周期を基準として検出された光変調を同期検波すると、被検面の位置ずれ量に相当する検波出力を得ることができる。

【0011】さらに、被検面と第2面とがアオリの結像関係にあるので、面同士の倍率関係に比べて、その被検面の上下の変動による第2面上での横ずれ量が大きくなる。これについて定量的に説明する。例えば、図1に示すように、被検面に対する投射光学系による入射角を θ 、被検面の上下方向の変位量を z 、被検面の第2面へのアオリの結像面に沿った結像倍率を β' とすると、第2面上での横ずれ量 y_1 は次式で表すことができる。

【0012】

【数1】

$$\dots (1)$$

【0013】

【数2】

$$\dots (2)$$

なる。

【0014】

【数3】

$$\dots (3)$$

を図面を参照して説明する。図1は、本発明による面位置検出装置を投影露光装置に適用した例を示す模式図である。図1において、主照明光源40からの主照明光は、所定の回路パターンが表面に設けられたレチクルRを照らす。そして、投影レンズ5によって、ウェハ1の被露光面1aにレチクルRの像が投影される。このウェハ1を載置しているホルダー2は、ウェハ1を投影レンズ5の光軸AX1に垂直な平面内での平行移動、微小回転、及び光軸AX1に沿った方向(フォーカシング方向)へ移動させる。このホルダー2は、上下方向に移動可能な3ヶ所の支持点によってホルダー2を支持する保持機構3によって支持される。そして、駆動部4は、保持機構3の支持点の上下方向の移動を行わせ、ホルダー2のレベリング(水平出し)を行う。

【0017】ここで、ウェハ1の被露光面1a上にレチクルR上に設けられた回路パターンを良好に転写するためにには、各露光ショット毎に、投影レンズ5による結像面に対する焦点深度の幅内に、その被露光面1aの現在の露光領域を収める必要がある。このためには、被露光面1aの現在の露光領域上の各点の投影レンズ5の光軸AX1方向の位置を正確に検出した後に、被露光面1aが投影レンズ5の焦点深度の幅の範囲内に収まるように、ホルダー2のレベリング、及びウェハ1のフォーカシング方向の移動を行えば良い。

【0018】以下に、被検面1aの現在の露光領域の位置を検出する際の光学系及び処理系の説明を行う。図1において、波長幅の広い白色光を供給する光源6からの照明光は、コンデンサーレンズ7によって、略平行光束に変換されて、偏向プリズム26に入射する。この偏向プリズム26は、コンデンサーレンズ7からの略平行光束を屈折させることで偏向させる。そして、この偏向プリズム26の射出側には、図中紙面垂直方向に伸びた縞パターンで構成された透過型格子パターン板8が設けられている。この透過型格子パターン板8は、透過部と遮光部とが交互に設けられた格子パターン形成面8aがウェハ1a側になるように配置されている。なお、透過型格子パターンの代わりに、凹凸形状の反射型回折格子を適用しても良く、さらには、反射部と無反射部とが交互に形成された反射格子パターンを適用しても良い。

【0019】ここで、ウェハ1の表面（被検面1a）は、一般的に、レジスト等の薄膜で覆われているので、この薄膜による干渉の影響を低減するために、光源6は、波長幅の広い白色光源であることが望ましい。なお、光源6としては、レジストに対する感光性の弱い波長帯の光を供給する発光ダイオード等でも良い。そして、格子パターン形成面8aに達した照明光は、この格子パターン形成面8aを透過した後、投影レンズ5の光軸AX1に対して角度θで交差する光軸AX2に沿って配置された投射光学系9,10に入射する。この投射光学系9,10は、集光レンズ9と、投射用対物レンズ10とで構成され、格子パターン形成面8aと被検面1aとを共役な配置にする。そして、格子パターン形成面8aと被検面1aとは、この投射光学系9,10に関してシャインブルーフの条件を満たすように配置されているため、格子パターン形成面8aの格子パターンは、被検面1aの全面にわたって正確に結像する。

【0020】また、図2に光路を点線で示すように、集光レンズ9と投射用対物レンズ10とで構成される投射光学系9,10は、いわゆる両側テレセントリック光学系であり、格子パターン形成面8aと被検面1a上の共役点とは、全面に渡って夫々同倍率である。従って、格子パターン形成面8aが図1で紙面垂直方向を長手方向とする等間隔の格子状パターンを有しているので、被検面1a上に形成される像は、図1の紙面垂直方向を長手方向とする等間隔の格子状パターンとなる。

【0021】図1に戻って、被検面1aに投射された光は、この被検面1aで反射されて、集光光学系11,12に入射する。この集光光学系11,12は、受光用対物レンズ11と集光レンズ12とで構成され、この集光光学系11,12の入射側の光軸AX3₁は、投影レンズ5の光軸AX1に関して、投射光学系9,10の光軸AX2と線対称になるように設けられている。また、被検面1aと第2面25aとの間の光路中には、走査手段としての振動ミラー30が設けられており、受光用対物レンズ11に入射した光は、振動ミラー30を介して、集光レンズ12に達する。なお、本実施例で

は、振動ミラー30が集光光学系11,12の略瞳面に配置されているが、この振動ミラー30は、被検面1aと受光面17aとの間の光路中であれば良い。

【0022】そして、被検面1aが投影レンズ5の結像面と合致しているときには、集光光学系11,12による被検面1aの共役面上にアオリ補正プリズム25の入射面25aが位置するように配置されている。このとき、被検面1aからの反射光は、アオリ補正プリズム25の入射面25a上に集光する。この入射面25aには、遮光手段としての受光スリットSが設けられている。この受光スリットSは、図3に示すように、例えば5か所の開口部Sa₁, Sa₂, Sa₃, Sa₄, Sa₅（以下、Sa₁～Sa₅と略記する）を有するように構成されており、集光光学系11,12を介した被検面1aからの反射光は、受光スリットSの開口部Sa₁～Sa₅をそれぞれ通過して、アオリ補正プリズム25に入射する。

【0023】この受光スリットSの開口部Saの数が被検面1a上における検出点に対応する。例えば図4の被検面1aに格子パターン形成面8aの像80aが投射されている状態を示す図のように、被検面1a上の検出点（検出領域）Da₁, Da₂, Da₃, Da₄, Da₅（以下Da₁～Da₅と略記する）は、図3に示す如く受光スリットSの5箇所の開口部Sa₁～Sa₅に対応する。ここで、被検面1a上での検出点の数を増やしたいときには、開口部Saの数を増やせば良いだけであるので、検出点の個数を増やしても構成の複雑化を招くことがない。

【0024】さらに、投影レンズ5による結像面とアオリ補正プリズム25の入射面25aとは、集光光学系11,12に関して、シャインブルーフの条件を満たすように構成されている。従って、被検面1aと結像面とが合致している状態においては、入射面25aの全面にわたって、被検面1a上の格子パターンの像80aが正確に再結像する。また、図2に光路を点線で示すように、集光光学系11,12が両側テレセントリック光学系で構成されているため、被検面1a上の各点とプリズム入射面25a上の共役点とは、全面で同倍率である。従って、被検面1aが投影レンズ5の結像面に合致している状態では、受光スリットS上に投影される像も図1の紙面垂直方向を長手方向とする等間隔の格子状のパターンとなる。

【0025】すなわち、本実施例において、被検面1aと投影レンズ5の結像面とが合致している状態では、格子パターン形成面8a、被検面1a、及びアオリ補正プリズム25の入射面25aは、各々シャインブルーフの条件を満たす関係にあり、しかも各面とも全面にわたって夫々倍率が等しい。次に、被検面1aの光軸AX1方向の変位がzであるときのアオリ補正プリズム25の入射面25aにおける格子状パターンの像の横ずれ量yを求める。ここで、被検面1aに対する入射光の主光線の入射角をθ、集光光学系11,12の横倍率をβ、被検面1aからアオリ補正プリズム25の入射面25aへのアオリの結像面に沿った倍率を

β' とすると、前述の(1)式、(2)式より、横ずれ量yは、

$$\begin{aligned} y &= 2 \cdot \beta' \cdot \tan \theta \cdot z \\ &= 2 (\beta^2 \sin^2 \theta + \beta^4 \sin^4 \theta / \cos^2 \theta)^{1/2} \cdot z \quad \dots (4) \end{aligned}$$

で示される。すなわち、被検面1aに投射する格子パターの入射角 θ を大きくすれば、横ずれ量yも大きくなり、より高精度な面位置の検出が可能となる。

【0027】ところで、投射光学系9, 10並びに集光光学系11, 12は、それぞれシャインブルーフの条件を満足している。従って、透過型格子パターン板8の法線と反射光とがなす角度を γ 、アオリ補正プリズム25における入

$$\tan \gamma = \beta_4 \cdot \tan \theta$$

【0029】

$$\tan \alpha = \beta \cdot \tan \theta$$

ところで、第2面上に受光面17aを配置した場合には、被検面1aに対する入射角 θ が大きいと、受光面17aにおける光束の入射角も大きくなる。例えば、受光面17aにシリコン・フォト・ダイオードSPDを配置した場合は、シリコン・フォト・ダイオードSPDへの光束の入射角が大きいと、このシリコン・フォト・ダイオードSPDにおける表面反射が大きくなると共に、光束のけられが生じて、受光量が著しく低下する恐れがある。

【0030】本実施例においては、このような受光量の低下を避けるために、図1に示す如く、偏向光学系として、第2面上にアオリ補正プリズム25を配置して、集光光学系11, 12から射出する光束を偏向させている。このアオリ補正プリズム25は、図5の断面図に示すように、所定の頂角 δ を有し、この頂角 δ は、このアオリ補正プリズム25によって屈折された射出光線L2がアオリ補正プリズム25の射出面25bの法線と略平行となるように定められている。このとき、アオリ補正プリズム25へ入射する入射光線L1に対する射出光線L2のなす角は、アオリ補正プリズム25の屈折率を n_{25} としたとき、 δ/n_{25} となる。この角度は、集光光学系11, 12を介してアオリ補正プリズム25に入射する入射光線L1と入射面25aとのなす

$$\delta = s \cdot \sin^{-1} (s \cdot \sin \alpha / n)$$

そして、本実施例では、アオリ補正プリズム25の頂角 δ は、その屈折角と同じく δ に設定されている。これにより、アオリ補正プリズム25の射出面25bから射出されるビームL2は、その射出面25bと垂直になる。

【0034】従って、アオリ補正プリズム25のガラスに

$$\rho = \tan^{-1} (\tan \delta / n)$$

いま、リレー光学系14~16の倍率を1とすると、このアオリ角 ρ がそのまま、受光部17の受光面17aと、リレー光学系14~16の射出側の光軸AX4₂に垂直な面とのなす角度、すなわち受光面17aに対する主光線の入射角となる。

【0036】例えば、屈折率n=1.8、入射角 $\alpha=80.1^\circ$ とすると、アオリ角 $\rho=20.0^\circ$ となり、アオリ角は0°に近づいている。ここで、受光面17aへの入射角も2

【0026】

【数4】

$$\dots (4)$$

射光とその法線とがなす角度を α （この角度 α は、アオリ補正プリズム25の入射面25aへの主光線の入射角に等しい）、投射光学系9, 10の横倍率を β_4 、集光光学系11, 12の横倍率を β とすると、次の関係が成り立つ。

【0028】

【数5】

$$\dots (5)$$

【数6】

$$\dots (6)$$

角度 α に比してかなり小さくなる。

【0031】そして、アオリ補正プリズム25の射出側には、リレーレンズ14、平面鏡15、リレーレンズ16で構成されるリレー光学系14~16が配置されている。このリレー光学系は、図2に示すように、両側テレセントリック光学系である。図1に戻って、アオリ補正プリズム25に入射した光束は、このアオリ補正プリズム25によって屈折作用を受けた後に、平面鏡15へ導かれる。この平面鏡15で反射された光束は、リレー光学系14~16により、受光面17a上に集束される。すなわち、このリレー光学系14~16は、アオリ補正プリズム25の入射面25a上に形成される像の更なる共役像を受光面17a上に形成する。

【0032】ここで、アオリ補正プリズム25の働きについて図5を参照して説明する。図5において、集光光学系11, 12の射出側の光軸AX3₂に平行なビームをL1とする。図1よりアオリ補正プリズム25に対するビームL1の入射角は、 α となる。図5において、アオリ補正プリズム25の屈折率を n として、屈折角を δ とすると、次式が成立する。

【0033】

【数7】

$$\dots (7)$$

よる像の浮き上がりを考慮すると、その射出されるビームL2に垂直な平面に対する被検面1aのリレーされた像面の傾きであるアオリ角 ρ は、次式で示される。

【0035】

【数8】

$$\dots (8)$$

0.0°であるが、この程度であれば、受光量の低下は、ほとんど無いとみなすことができる。このように、本実施例においては、偏向光学系としてアオリ補正プリズム25を用いているので、受光面17aに入射する光束の入射角が小さくなるため、この受光面17a上に配置されたシリコン・フォト・ダイオードSPDでの受光量の低下を防止できる。

【0037】なお、アオリ補正プリズム25の入射面25a

と受光部17の受光面17aとは、リレー光学系14～16に関してシャインブルーフの条件を満足することが望ましい。ところで、光源の波長帯が広い場合には、偏向光学系としてプリズム、例えばアオリ補正プリズム25を用いることが望ましい。ここで、例えば偏向光学系として回折格子を用いた場合には、プリズムを用いた場合に比して偏向された光線の分散が大きくなり、リレー光学系14～16の開口数を大きくする必要があるため、好ましくない。

【0038】また、被検面1aに入射する光束の入射角 α が大きい場合には、アオリ補正プリズム25を通過する光線の透過率がP偏光とS偏光とで大きく異なるようになる。例えば、入射角 $\alpha=80^\circ$ 、屈折率n=1.8の場合には、P偏光の透過率が0.79となり、S偏光の透過率が0.37となる。このように、アオリ補正プリズム25における透過率が光線の偏光状態によって異なるため、偏光ごとの情報の重みが異なり、被検面1aの位置検出が正確にならない恐れがある。しかし、本実施例では、図1に示す如く、集光光学系11, 12とアオリ補正プリズム25との間の光路中に1/2波長板24を配置し、この1/2波長板24によって偏光方向を45°回転させた光束をアオリ補正プリズム25に入射させる構成としている。このため、アオリ補正プリズム25に入射する光束は、P偏光とS偏光とともに混合した状態となり、被検面1aの位置検出が正しく行われる。

【0039】なお、1/2波長板24の代わりに、1/4波長板を用いても良く、1/4波長板を用いた場合には、アオリ補正プリズム25への入射光束は、円偏光となり、被検面1aの位置検出は、1/2波長板を用いた場合と同様に正確に行われる。さらに、アオリ補正プリズム25の射出面25bと、この射出面25bから射出する光束L2とは、略垂直となることが好ましい。本実施例においては、アオリ補正プリズム25の頂角をこのアオリ補正プリズム25に入射する光束L1に対する光束L2の屈折角 δ と等しくする構成によって、射出面25bと光束L2とを略垂直としている。ここで、射出面25bと光束L2とが略垂直にならないと、リレー光学系14～16について、入射面25a上の像をリレーする際に、非点収差等の収差が発生するため、望ましくない。

【0040】さて、アオリ補正プリズム25の入射面25a上には、図3に示すように5箇所の開口部Sa₁～Sa₅を有する受光スリットSが設けられているので、入射面25aに再結像された格子状パターンの像は、部分的に遮される。すなわち、受光スリットSの開口部Sa₁～Sa₅の領域に形成された格子状パターンの像からの光束のみがアオリ補正プリズム25から射出する。

【0041】そして、入射面25a上に形成された受光スリットSの開口部Sa₁～Sa₅の像は、リレー光学系14～16により、受光部17にリレーされる。この受光部17は、図6の平面図に示すように、例えば受光スリットSの開

口部Sa₁～Sa₅に対応する5つのシリコン・フォト・ダイオードSPD₁, SPD₂, SPD₃, SPD₄, SPD₅(以下、SPD₁～SPD₅と略記する)が受光面17a上に設けられる構成となっている。これらのシリコン・フォト・ダイオードSPD₁～SPD₅上には、開口部Sa₁～Sa₅の像がスリット像SL₁, SL₂, SL₃, SL₄, SL₅(以下、SL₁～SL₅と略記する)として結像する。このスリット像SL₁～SL₅は、シリコン・フォト・ダイオードSPD₁～SPD₅の大きさよりも小さくなるよう結像する。

【0042】なお、本実施例では、受光面に複数のシリコン・フォト・ダイオードを設けてあるが、CCD(2次元電荷結合型撮像素子)やフォトマルを用いても良い。そして、被検面1aが投影レンズ5の光軸に沿って上下に移動すると、アオリ補正プリズム25の入射面25a上に投影されたパターンは、被検面1aの上下に対応してパターンのピッチ方向に横ずれを起こす。この横ずれ量を振動ミラー30と受光部17とを用いて、例えば特開昭56-42205号公報に開示された光電顕微鏡の原理により検出すれば、被検面1a上の光軸AX1方向に関する光軸AX1方向に関する面位置を検出することができる。

【0043】以下、図1に戻って、光電顕微鏡の原理による面位置検出について詳述する。図1において、集光光学系11, 12の光路中には、振動ミラー30が設けられている。そして、ミラー駆動部31は、内部の発振器からの信号に基づいて、所定の周期Tで振動ミラー30を図中矢印方向に振動させる。この振動ミラー30の振動に伴って、アオリ補正プリズム25の入射面25a上に形成される格子状パターンの像も振動する。このとき、入射面25a上に結像される格子状パターンの振動の振幅は、この格子状パターンのピッチの1/2以下に規定し、また、スリットSの開口部Sa₁～Sa₅の幅も格子状パターン像のピッチの1/2以下に規定する。この格子状パターンの像の振動に伴って、入射面25a上、即ち受光スリットSの開口部Sa₁～Sa₅の領域を透過する光の光量が変化する。そして、この透過光は、リレー光学系14～16によって、受光部17上のシリコン・フォト・ダイオードSPD₁～SPD₅の領域に達する。

【0044】以下、説明を簡単にするために、1つのシリコン・フォト・ダイオードSPD₁についてのみ説明する。受光スリットSの開口部Sa₁の領域を透過した光は、シリコン・フォト・ダイオードSPD₁上のスリット像SL₁の領域内に到達する。このスリット像SL₁の明るさは、振動ミラー30の振動に伴って変化する。次に、図7を参照してスリット像SL₁の明るさの変化について詳述する。図7は、受光スリットSの開口部Sa₁近傍の拡大図である。この図7において、格子状パターンSTは、ピッチP_{ST}で受光スリットS上に形成されており、格子状パターンSTは、振動ミラー30の振動に伴って図中矢印方向に振動する。

【0045】ここで、開口部Sa₁の幅WSa₁は、この開口

部 Sa_1 上に形成される格子状パターンSTのピッチを P_{ST} としたとき、

$$WSa_1 \leq P_{ST}/2$$

を満足することが望ましい。また、振動ミラー30によつて振動する格子状パターンSTの振幅 A_{ST} は、

$$A_{ST} \leq P_{ST}/2$$

を満足することが望ましい。ここで、開口部 Sa_1 の幅 WS a_1 が上述の(9)式を満足しないとき、あるいは、格子状パターンの振幅 A_{ST} が上述の(10)式を満足しない場合には、振動ミラー30の振動に伴う開口部 Sa_1 での光量変化が小さくなり、検出精度が低下するため、好ましくない。本実施例においては、開口部の幅 WSa_1 が格子状パターンSTのピッチ P_{ST} の1/2 以下となるように規定しており、さらに、格子状パターンSTの振幅 A_{ST} がピッチ P_{ST} の1/2 以下となるように規定しているため、振動ミラー30の振動に伴う光量変化が小さくなる恐れがない。

【0048】 また、開口部 Sa_1 の位置は、被検面1aと投影レンズの結像面とが一致しているときに、開口部 Sa_1 の中心が格子状パターンSTの振動中心に一致するように設けられている。そして、開口部 Sa_1 の幅が格子状パターンのピッチの1/2 以下であり、かつ格子状パターンの振幅もこのピッチの1/2 であるので、この格子状パターンSTが振動すると、シリコン・フォト・ダイオードSPD₁ 上での受光量が変化する。そして、シリコン・フォト・ダイオードSPD₁ は、この光強度の変化、すなわち光変調に応じた検出出力 SD_1 を検出部18に出力する。

【0049】 また、同様に、他のシリコン・フォト・ダイオードSPD₂, SPD₃, SPD₄, SPD₅ においても、スリット像 SL_2 , SL_3 , SL_4 , SL_5 の光変調に応じた検出出力 SD_2 , SD_3 , SD_4 , SD_5 を検出部18へ出力する。また、ミラー駆動部31から振動ミラー30の振動周期Tと同じ位相の交流信号が検出部18へ出力される。ここで、検出部18においては、検出出力 SD_1 の位相を基準として、検出出力 SD_1 , SD_2 , SD_3 , SD_4 , SD_5 (以下、 SD_1 ~ SD_5 と略記する) の同期整流、すなわち同期検波が行われ、検波出力信号 FS_1 , FS_2 , FS_3 , FS_4 , FS_5 (以下、 FS_1 ~ FS_5 と略記する) が補正量算出部19へ出力される。この検波出力信号 FS_1 ~ FS_5 は、いわゆるSカーブ信号と呼ばれ、被検面1a上の検出領域 Da_1 , Da_2 , Da_3 , Da_4 , Da_5 (以下、 Da_1 ~ Da_5 と略記する) が投影レンズ5の結像面に位置しているとき、すなわち検

$$P_{SPD} = m \cdot P_{ST}$$

を満足することが望ましい。ただし、mは、整数である。また、スリット像 SL_{6a} , SL_{6b} , SL_{6c} 幅 W_{SPD6} は、

$$W_{SPD6} \leq P_{ST}/2$$

を満足することが望ましい。ここで、スリット像 SL_{6a} , SL_{6b} , SL_{6c} の間隔 P_{SPD} が上述の(11)式から外れるとき、各スリット像 SL_{6a} , SL_{6b} , SL_{6c} ごとに、振動ミラー30の振動に伴う光量変化が異なるようになるため、検出値が不正確になるため好ましくない。また、スリット像 SL_{6a} , SL_{6b} , SL_{6c} 幅 W_{SPD6} が上述の(12)式の範囲か

【0046】

【数9】

.... (9)

【0047】

【数10】

.... (10)

出出力 SD_1 ~ SD_5 が振動ミラー30の振動周期Tの1/2 の周期で変化したときに、それぞれ零レベルとなる。また、被検面1aの検出領域 Da_1 ~ Da_5 が投影レンズ5の結像面より上方に変位しているときには正のレベル、被検面1aの検出領域 Da_1 ~ Da_5 が投影レンズ5の結像面より下方に変位しているときには負のレベルを示す。このように、検波出力信号 FS_1 ~ FS_5 は、被検面1aの変位に対応した出力値を示す。

【0050】 その後、検波出力信号 FS_1 ~ FS_5 が出力された補正量算出部19は、これらの検波出力信号 FS_1 ~ FS_5 の正負レベルから、被検面1a上の各検出領域 Da_1 ~ Da_5 のフォーカシング方向の位置をそれぞれ算出し、被検面1aの平均的な傾きと、被検面1aのフォーカシング方向の位置を求める。そして、被検面1aが投影レンズ5の焦点深度の範囲内に位置するような傾きの補正量、及びフォーカシング方向の補正量を夫々算出する。その後、補正量算出部19は、これらの補正量を駆動部4へ伝達する。

【0051】 そして、駆動部4は、傾きの補正量に基づいて、保持機構3を駆動させて、ホルダー2のレベリングを行なわせと共に、フォーカシング方向の補正量に基づいて、ウェハホルダー2を駆動させてウェハ1のフォーカシング方向の移動を行わせる。このような構成により、被検面1a上の複数の検出点を同時に検出し、この検出出力に基づいて、被検面を所定の位置に位置させることができる。

【0052】 また、図8に示すように、1つのシリコン・フォト・ダイオードSPD₆上に、複数のスリット像(例えば、3つのスリット像 SL_{6a} , SL_{6b} , SL_{6c})を形成しても良い。このとき、スリット像 SL_{6a} , SL_{6b} , SL_{6c} の間隔 P_{SPD} は、

【0053】

【数11】

.... (11)

【0054】

【数12】

.... (12)

ら外れると、振動ミラー30の振動に伴う光量変化が小さくなるので、好ましくない。

【0055】 上述のような構成によると、シリコン・フォト・ダイオードSPD₆上での受光量が増加する利点がある他に、対応する被検面1a上の領域が広くなり平均化効果が得られるといった利点がある。なお、本実施例にお

いては、受光面17a 上に設けられたシリコン・フォト・ダイオードSPD 上に受光スリットS を介した光を入射させているが、必ずしも受光スリットS を介する必要はない。受光スリットS を介さない場合には、シリコン・フォト・ダイオードSPD の領域が被検面1a上での受光領域となる。すなわち、被検面1aでの検出領域に対応した箇所にシリコン・フォト・ダイオードSPD を配置すれば良い。

【0056】また、本実施例においては、受光スリットS は、第2面（アオリ補正プリズム25の入射面25a）に配置されているが、これは、受光部17の受光面17a 上であっても良い。このとき、受光スリットS の開口部Saの大きさは、受光面17a の大きさよりも小さくなるように設けられることが望ましい。そして、本実施例においては、複数のシリコン・フォト・ダイオードを受光面17a 上にフォトエッチング法で設けても良い。この場合には、受光スリットS の開口部Saの数が大幅に増加しても、対応できる利点がある。

【0057】また、被検面1aとしてのウェハの表面は、プロセスの都合によっては必ずしも平面になるとは限らない。このような場合には、被検面1a上の検出領域（検出点）の数を増加させれば良い。ここで、被検面1a上の検出点の箇所を増加させるには、この検出領域に対応する受光スリットS の開口部の箇所を増加させねば良い。このように、本発明による面位置検出装置は、簡易な構成のままで、被検面1a上の検出点を増やすことが可能であるので、被検面1a上の広い範囲にわたる面位置を検出することができる。しかも、検出点の箇所が増加しても、同時に検出できるので、スループットの低下を招くことがない。

【0058】

【発明の効果】上述の如く、本発明によれば、投射光学系に関して第1面と被検面とをシャインブルーフの条件を満たすように構成し、集光光学系に関して被検面と第2面とをシャインブルーフの条件を満たすように構成しているので、簡単な光学系で、被検面の広い領域の上下方向の位置の分布を同時に検出できる。

【0059】また、第2面上に、集光光学系の光軸の方を偏向させる偏向光学系を設ければ、受光面に入射する光束の入射角を略0° に近づけることができる。従つ

て、受光面における受光量の低下を招くことなしに、被検面へ投射するパターンの入射角をより大きくして、より高精度な位置検出を行うことができる。さらに、第2面上に形成された所定のパターンと受光面とを相対的に走査させる構成であるため、簡単な光学系のままで、被検面上の複数の箇所を高精度に検出できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による面位置検出装置の実施例を模式的に示した図。

【図2】図1に示した光学系が両側テレセントリックであることを示す光路図。

【図3】受光スリットの平面図。

【図4】被検面上に投射された格子パターンと検出領域との関係を示す図。

【図5】図1に示したアオリ補正用プリズムを示す図。

【図6】受光面上のシリコン・フォト・ダイオードの配置とスリット像との関係を示す平面図。

【図7】受光スリット上の開口部を拡大して示した平面図。

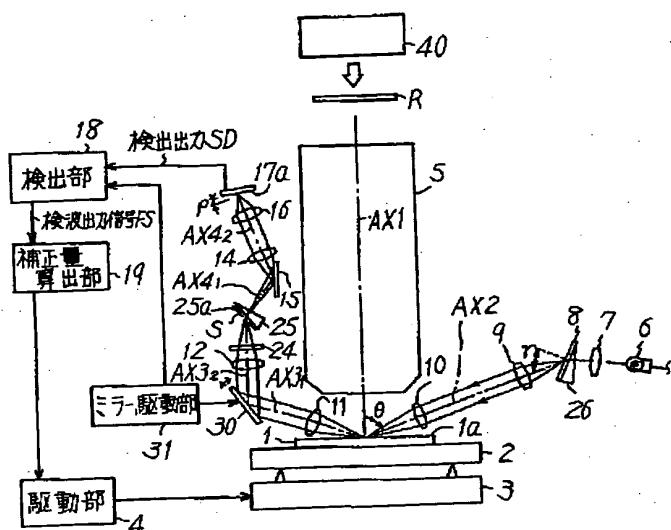
【図8】1つのシリコン・フォト・ダイオード上に複数のスリット像が形成された例を示す平面図。

【図9】シャインブルーフの条件を説明する説明図。

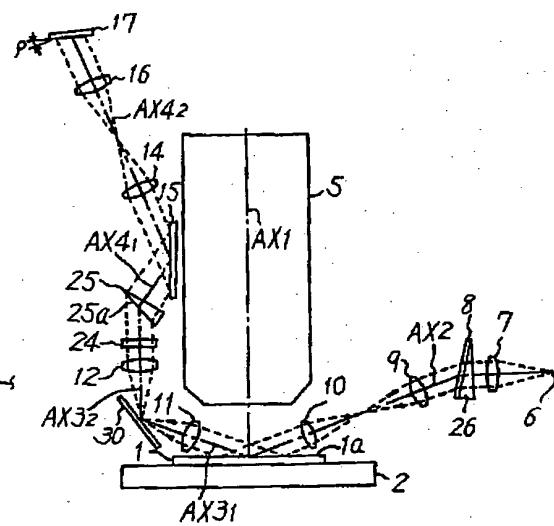
【符号の説明】

1a	....	被検面
5	....	投影レンズ
8	....	透過型格子パターン板
8a	....	格子パターン形成面（第1面）
9	....	集光レンズ
10	....	投射用対物レンズ
11	....	受光用対物レンズ
12	....	集光レンズ
14	....	リレーレンズ
16	....	リレーレンズ
17	....	受光部
17a	....	受光面
25	....	アオリ補正用プリズム
25a	....	入射面（第2面）
30	....	振動ミラー
31	....	振動ミラー駆動部
S	....	受光スリット

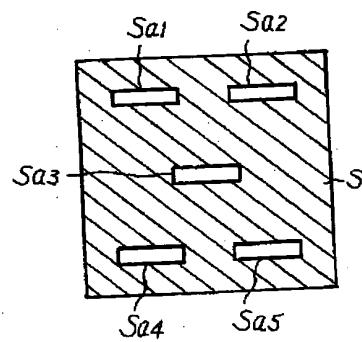
【図1】



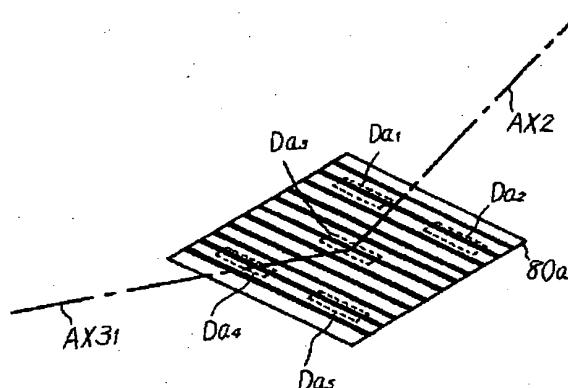
【図2】



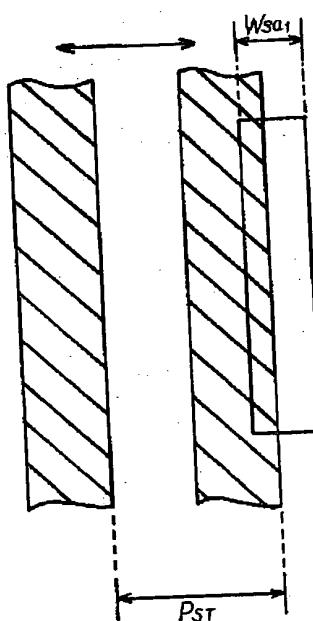
【図3】



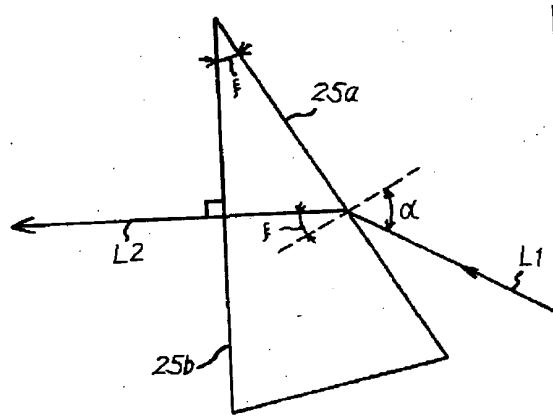
【図4】



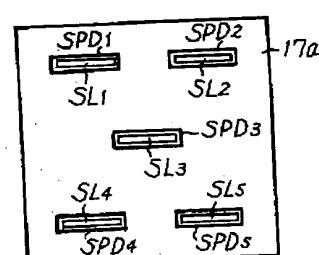
【図7】



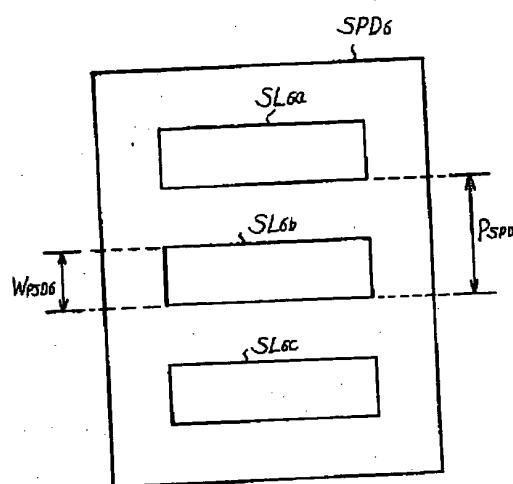
【図5】



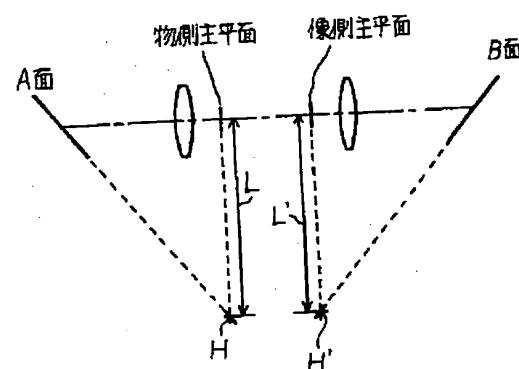
【図6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5

G 03 F 9/00

H 01 L 21/68

識別記号

府内整理番号

F I

H 9122-2H

F 8418-4M

技術表示箇所